BACCALAURÉAT

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

Spécialité génie électronique

Session 2011

Étude des Systèmes Techniques Industriels

LE POÊLE À PELLETS

Électronique

Durée Conseillée :	**4 h 30**
Lecture du sujet :	**15 min**
Partie A :	**15 min**
Partie B :	**10 min**
Partie C :	**60 min**
Partie D :	**15 min**
Partie E :	**50 min**
Partie F :	**20 min**
Partie G :	**30 min**
Partie H :	**55 min**

SUJET

Note importante pour la lecture des schémas structurels.

– Le symbole Ω n'apparait pas sur l'indication des valeurs des résistances.
Exemples :
120 correspond à 120 Ω;
3.9k correspond à 3,9 kΩ;
1M correspond à 1 MΩ.

– Le symbole F n'apparait pas sur l'indication des valeurs des condensateurs.
Exemples :
1u correspond à 1 µF;
10n correspond à 10 nF.

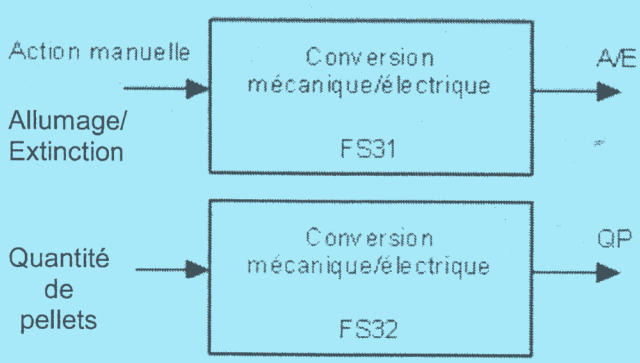
Partie A: analyse fonctionnelle

Q1. Relever deux avantages apportés par l'intégration de l'électronique dans un poêle.
Q2. Indiquer la valeur du rendement maximal du poêle à pellets.
Q3. Citer deux avantages de l'usage de pellets comme combustible.
Q4. Relever le comportement du dispositif de sécurité lorsque la température du réservoir de pellets dépasse 110°C.

Partie B: étude de FP3 « acquisition et commande de réglage »

L'étude va permettre de valider la conversion d'actions manuelles ponctuelles en signaux logiques qui seront interprétés par la fonction de gestion FP1.

Le schéma fonctionnel de 2ème degré de FP3 est le suivant :

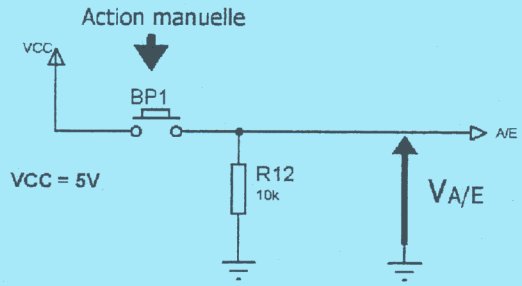


En entrée, les actions manuelles consistent en un ou plusieurs appuis sur un même bouton poussoir.

En sortie, A/E ou QP sont des niveaux logiques significatifs de l'action manuelle.

Les structures associées aux fonctions FS31 et FS32 sont identiques, l'étude ne portera que sur FS31.

Schéma structurel de FS31



Q5. Pour quel état (ouvert ou fermé) de BP1 R12 est-elle utile ? En déduire le nom qui est couramment donné à cette résistance.

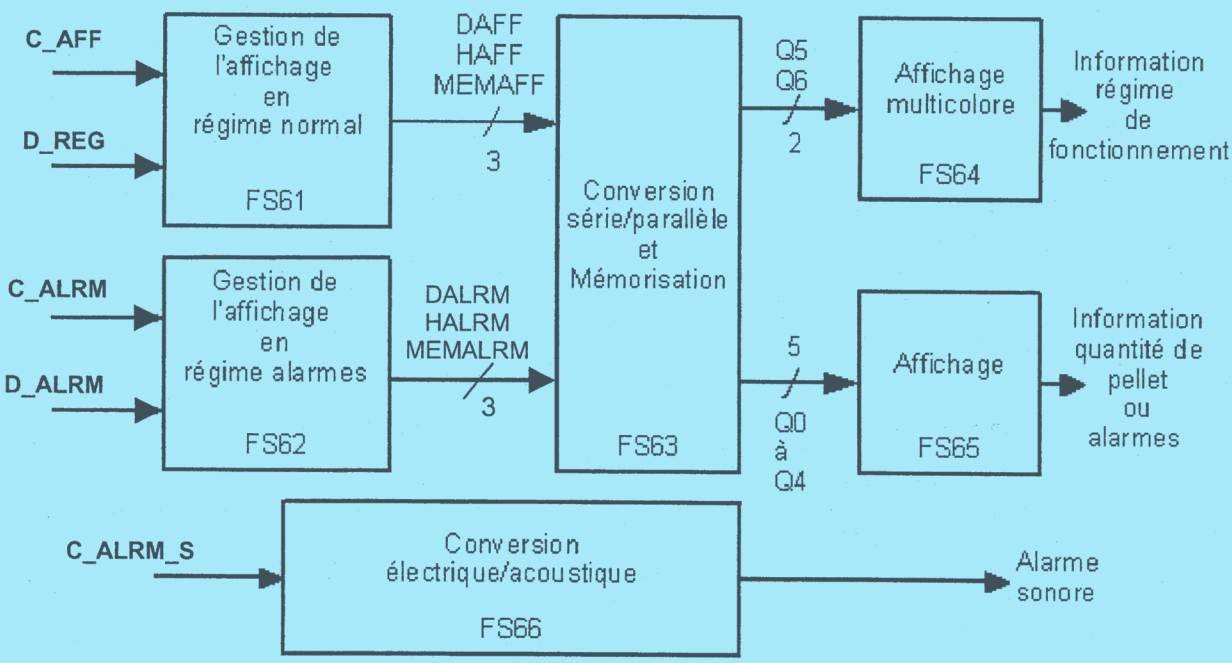
Q6. Compléter le tableau résumant le fonctionnement (page **CR1**).

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Partie C: étude de FP6 « affichage et signalisation »

L'étude va permettre de valider le fonctionnement du dispositif d'affichage qui permettra à l'utilisateur d'identifier un mode de fonctionnement du poêle.

Le schéma fonctionnel de 2ème degré de FP6 est donné ci-dessous :



Les fonctions FS61 et FS62 sont des fonctions logicielles. Les signaux d'entrées de FS61 et FS62 sont issus de la fonction « gestion des processus » FP1 et ne sont pas étudiés (schéma fonctionnel de 1er degré, page **A5** sur le document analyse fonctionnelle).

Les signaux de sorties de FS61 et FS62 sont :

- DAFF : mot binaire de 7 bits transmis en série ;
- HAFF : horloge de synchronisation de la transmission active sur un front montant ;
- MEMAFF : niveau logique autorisant l'affichage des données transmises. Les données sont affichées si MEMAFF = 1; l'affichage est éteint si MEMAFF = 0.

Les fonctions FS63, FS64 et FS65 sont des fonctions matérielles, dont le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Étude de FS61 « gestion de l'affichage en régime normal »

Le microcontrôleur utilise des données constantes mémorisées en octets dans des tables en EEPROM pour gérer l'affichage. L'expression des données en hexadécimal est la plus usitée pour la programmation.

Q7. Dans le tableau (page **CR1**), reporter la valeur hexadécimale (Hexa) des octets indiqués en binaire.

Ces données sont utilisées par FS61 pour l'envoi en série sur DAFF des 7 bits d'informations à afficher.

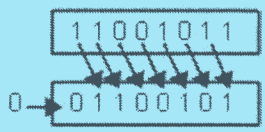
L'algorithme employé par le microcontrôleur pour l'envoi en série des 7 bits est le suivant :

```
Lire dans la table l'octet de donnée à afficher
Sortir le LSB (b0) de l'octet lu sur DAFF
Générer une impulsion sur HAFF
Répéter (6 fois)
    Décalage vers la droite des données binaires (Nota)
    Sortir le LSB (b0) de l'octet obtenu sur DAFF
    Générer une impulsion sur HAFF
Fin_répéter
```

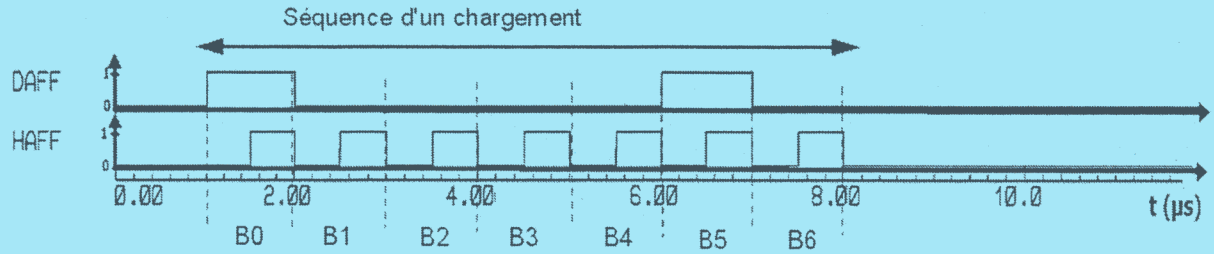
Nota : l'action « Décalage vers la droite des données binaires » consiste à décaler de 1 rang vers la droite chacun des bits de l'octet considéré (le bit b0 est perdu, le bit b1 prend la place du bit b0, le bit b2 prend la place du bit b1, etc).

Exemple : avant le décalage

après un décalage



On a relevé les chronogrammes de DAFF et HAFF correspondants à un envoi de 7 bits de données à afficher (une séquence de chargement). Ils sont donnés ci-dessous.



Q8. Identifier en complétant avec une croix (X) la ligne du tableau (page **CR1**) qui correspond au chronogramme représenté de DAFF.

Étude de FS63 « conversion série/parallèle et mémorisation »

On se propose d'établir la forme des signaux obtenus sur les 7 sorties Q0 à Q6 de FS63. Ils permettront, par l'intermédiaire de FS64 et FS65, d'informer l'utilisateur sur le fonctionnement du poêle.

On rappelle que le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

On a relevé les signaux présents sur DAFF, HAFF et MEMAFF (page **CR2**). Ces signaux correspondent à un fonctionnement normal du poêle.

Un extrait de la documentation technique de U1 (74HC4094) est présenté (page **CAN1**).

Q9. Encadrer sur le document réponse (page **CR1**), la structure associée à la fonction FS63.

Q10. Par déduction, relever les fonctions réalisées par le circuit intégré U1.

Q11. Établir les chronogrammes des sorties Q0 à Q6 de U1 sur le document réponse (page **CR2**) en fonction des signaux DAFF, HAFF et MEMAFF.

Étude de FS64 et FS65 « affichage des informations de fonctionnement »

On rappelle que V_{OH} est une tension de sortie au niveau logique 1 et V_{OL} une tension de sortie au niveau logique 0.

On rappelle que le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

U1 est alimenté par la tension VCC = 5 V.

Un extrait de la documentation technique de U1 (74HC4094) est présenté (page **CAN1**).

Des extraits des documentations techniques de LED1 (MCL039) sont présentés (page **CAN2**).

Q12. Encadrer sur le document réponse (page **CR1**), les structures associées aux fonctions FS64 et FS65.

Q13. Établir l'expression littérale du courant I_{led} circulant dans D1-1 quand celle-ci est allumée. Vous ferez apparaître dans l'expression le paramètre employé par le constructeur pour la tension alors présente en sortie Q6 de U1.

Q14. On choisira, pour la LED verte D1-1, une tension directe V_F=2,1 V. Calculer la valeur numérique de I_{led}. Justifier sa conformité en précisant « la donnée constructeur » à prendre en compte.

Q15. On considère le mot binaire 1000010 présent sur les sorties Q6 à Q0 de U1, indiquer l'état des 7 LED (éteinte ou allumée) dans le tableau (page **CR2**).

Q16. Valider la cohérence des informations affichées par FS64 et FS65 en complétant le tableau (page **CR2**) à l'aide des indications de fonctionnement du tableau de bord du poêle (décrites dans le document analyse fonctionnelle page **A4**).

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Partie D: étude d'un cas de dysfonctionnement

L'étude va vous permettre d'identifier l'élément mis en cause dans le cas d'un mauvais fonctionnement signalé par le tableau de bord du poêle.

L'affichage à LED de FS65 permet aussi d'informer l'utilisateur sur des anomalies de fonctionnement (page **CAN3**).

Dans le cas présent, l'utilisateur est alerté pour un mauvais fonctionnement : la LED1 indique une alarme et la LED–2 est allumée. Il examine le poêle et constate que :

- le pot de combustion est propre et la chambre hermétique ;
- le réservoir de pellets n'est pas vide ;
- la bougie d'allumage s'allume mais il n'y a pas de flammes ;
- les pellets n'arrivent pas dans le pot de combustion.

Il appelle le dépanneur qui constate à son tour que :

- la vis sans fin ne tourne pas ;
- le motoréducteur ne fonctionne pas et n'est pas sous tension.

Le dépanneur dispose dans son manuel de service d'un algorigramme de dépannage en cas d'alarme par la LED–2 (page **CR3**).

Q17. Identifier un des types de dysfonctionnement signalé par l'alarme LED–2.

Q18. Tracer avec un stylo de couleur sur l'algorigramme de dépannage (page **CR3**), le cheminement menant à la solution préconisée.

Q19. Entourer sur l'algorigramme de dépannage (page **CR3**) la proposition obtenue (une des cases grisées).

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Partie E: étude de FP1 « gestion des processus »

L'objectif de l'étude est de valider que le microcontrôleur utilisé a les capacités pour assurer la gestion des processus nécessaires au fonctionnement du poêle.

Cette fonction est réalisée par un microcontrôleur ATmega32.

Un extrait de la documentation de l'ATmega32 est fourni (page **CAN4**).

Le schéma structurel associé à FP1 est donné (page **CAN3**).

Q20. Définir la principale différence de comportement qui caractérise une mémoire à donnée volatile (aussi appelée mémoire altérable) par rapport à une mémoire à donnée permanente.

Q21. Donner les 2 types de mémoire à donnée volatile utilisés couramment dans les systèmes industriels.

Q22. Relever la capacité disponible et le type de mémoire à donnée volatile de l'ATmega32.

Q23. Préciser le type de donnée stockée en mémoire SRAM.

Q24. Expliquer ce qu'est une mémoire EEPROM.

Q25. Sachant que la sauvegarde d'un paramètre de réglage est stockée sur 2 mots de 8 bits, calculer le nombre maximal de paramètres pouvant être sauvegardés en mémoire EEPROM de l'ATmega32.

Q26. La mémoire de programme de l'ATmega32 est une mémoire FLASH. Citer deux autres utilisations de mémoire FLASH dans le domaine grand public.

Le programme est mémorisé entre l'adresse 0000h et 3803h. Chaque instruction qui le compose nécessite 2 octets.

Un octet d'instruction nécessite un cycle (une période) de l'oscillateur d'horloge pour être exécuté par l'ATmega32.

L'horloge de l'ATmega32 utilise un oscillateur externe à quartz. Le schéma structurel est donné (page **CAN3**).

Q27. Calculer le nombre d'instructions du programme (en décimal).

Q28. Calculer combien d'instructions par seconde le microcontrôleur du poêle est capable d'exécuter.

Q29. Expliquer en quoi consiste la programmation « in situ ».

Q30. Justifier pourquoi la programmation « in situ » est particulièrement adaptée au modèle de microcontrôleur ATmega32 utilisé ici (page **CAN4**).

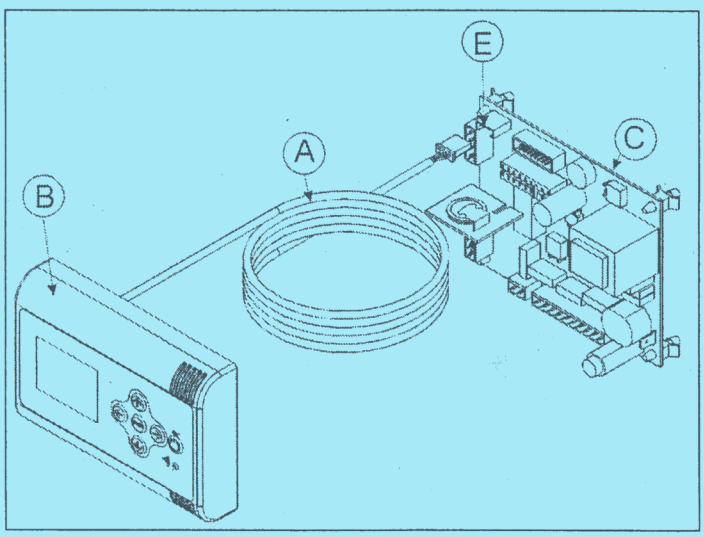
http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Partie F: étude de FP4 « programmation horaire déportée »

L'étude va permettre de valider les échanges d'informations entre FP1 (le microcontrôleur sur la carte mère) et le programmateur horaire FP4.

La fonction principale FP4 est représentée dans le schéma fonctionnel de 1er degré (page **A5** du document analyse fonctionnelle).

Le programmateur déporté, fixé sur un mur près du poêle, est en communication directe avec FP1 (en fait, avec le microcontrôleur sur la carte mère). Il permet l'affichage de la programmation horaire du chauffage et sa modification à l'aide d'un clavier.



DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

A : câble de liaison série 3 fils
B : programmateur horaire
C : carte mère du poêle (avec le microcontrôleur)
E : connecteur série

Les échanges de données (liaison S_DATA sur le schéma fonctionnel) entre le microcontrôleur et le programmateur horaire sont réalisés par l'intermédiaire d'une liaison série de type RS-232 (page **CAN5**).

Pour l'affichage, chaque caractère nécessite l'envoi du code ASCII lui correspondant. Un extrait de la table est fourni (page **CR4**).

Pour afficher l'heure sur le programmateur (par exemple **17:35**) 5 codes ASCII sont envoyés vers le programmateur par le microcontrôleur et via la liaison série en respectant le protocole de transmission.

Q31. Compléter la colonne « Décimal » de l'extrait de table de caractères ASCII (page **CR4**).

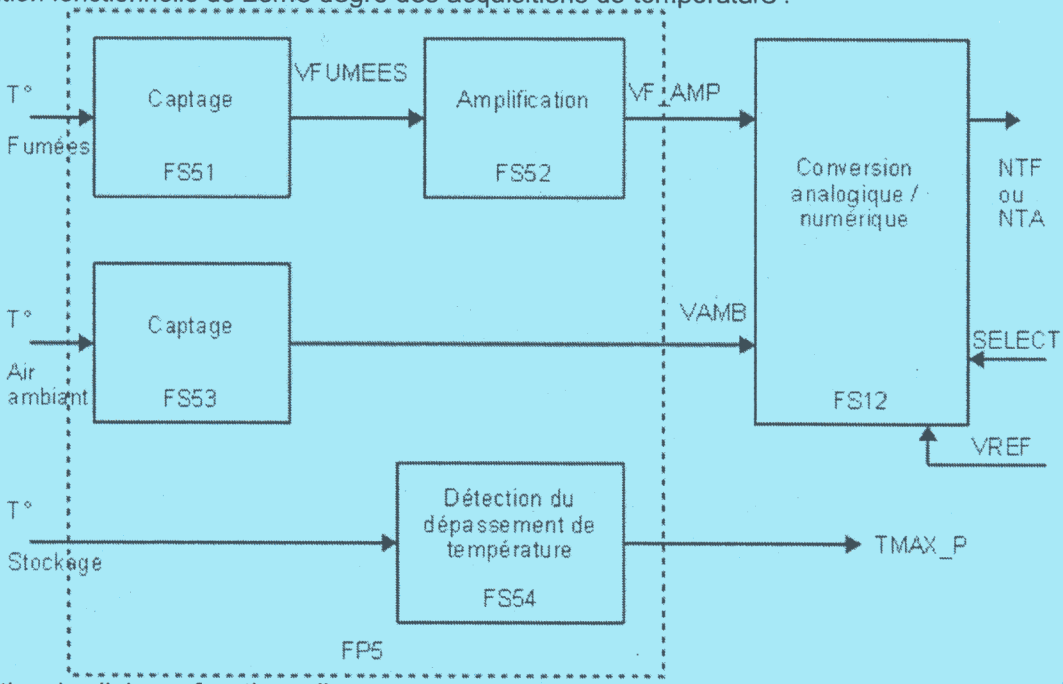
Q32. A l'aide de la documentation (page **CAN5**), établir (page **CR4**), le chronogramme de TXD pour l'envoi successif des caractères « 3 » et « 5 » afin d'afficher « 35 » sur l'écran du programmateur.

Q33. Sachant que la vitesse de transmission est configurée pour un débit de 9600 bps (bits par seconde), calculer la durée (en ms) d'une trame d'envoi d'un caractère.

Partie G: étude d'une chaine d'acquisition de température

L'étude va permettre de valider la chaîne d'acquisition de la température des fumées, grandeur essentielle pour FP1 dans l'optimisation du rendement du poêle.

Organisation fonctionnelle de 2ème degré des acquisitions de température :



Définition des liaisons fonctionnelles.

En entrées :

- T°Fumées : température des fumées comprise entre 30°C et 200°C.
- T°Air ambiant : température de l'air de la pièce à chauffer.
- T°Stockage : température de la réserve de pellets .
- SELECT : sélection de la grandeur à convertir (gérée par le microcontrôleur dans FP1).
- VREF : tension de référence pour la conversion. VREF = 2,56 V.

En sorties :

- VF_AMP ; VAMB : tensions analogiques représentatives des températures mesurées.
- NTF : mot binaire de 8 bits relatif à la valeur de la température des fumées.
- NTA : mot binaire de 8 bits relatif à la valeur de la température de l'air ambiant.
- TMAX_P : niveau logique significatif de la température maximale des pellets (110°C).

L'étude portera sur FP5 et FS12.

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Étude de FP5 « conversion température / Électrique »

L'étude est limitée à l'acquisition de la température des fumées.

Étude de FS51.

La fonction Captage FS51 est basée sur l'utilisation d'un thermocouple et permet d'obtenir une tension image de la température des fumées. Voir la caractéristique (page **CAN6**).

Sachant que la fonction de transfert de la fonction captage FS51 est :

$VFUMEES = S \cdot T°Fumées\ (°C)$ avec S = constante de sensibilité en µV/°C.

Q34. Calculer S la constante de sensibilité du captage en µV/°C.

Q35. Compléter les colonnes Température et VFUMEES du tableau réponse (page **CR4**).

Étude de FS52.

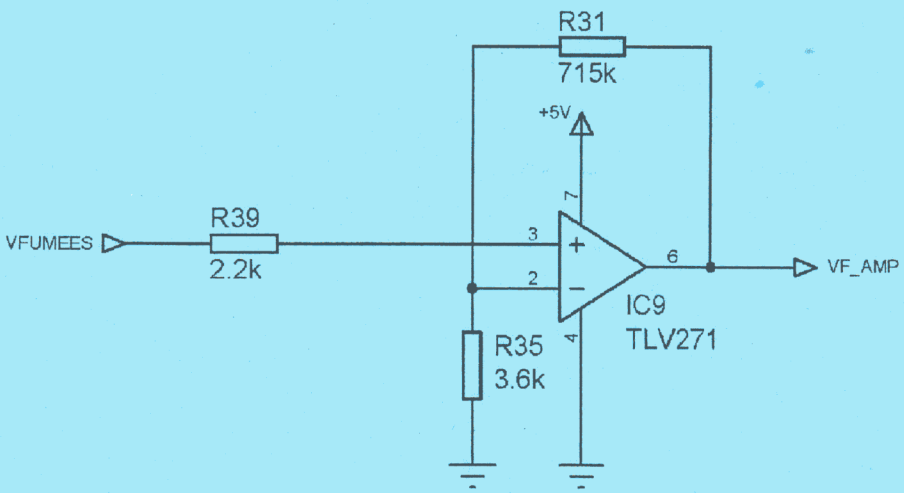
Le schéma structurel associé à la fonction amplification FS52 est donné (page **CAN6**).

Un extrait de la documentation technique de IC9 (TLV271) est présenté (page **CAN7**).

On a observé que la température des fumées évolue lentement, on peut donc considérer que la tension VFUMEES est quasiment continue sur la durée d'une mesure.

Q36. Dans ce cas, identifier le comportement des condensateurs C5, C10 et C17 du schéma structurel (page **CAN6**).

Pour la suite de l'étude de FS52, nous adopterons le schéma structurel simplifié suivant :



Q37. En vous aidant des applications typiques de l'amplificateur linéaire intégré TLV271 (page **CAN7**), identifier le nom de la structure réalisée par FS52.

Q38. Écrire la fonction de transfert littérale *VF_AMP = f(VFUMEES)* en utilisant les références des composants du schéma ci-dessus puis calculer sa valeur numérique.

Q39. Compléter la colonne VF_AMP du tableau réponse (page **CR4**).

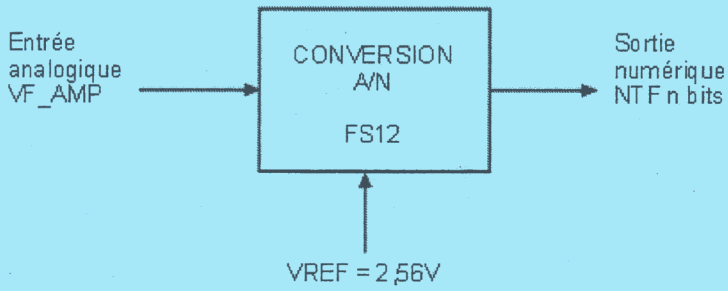
On rappelle que cette tension analogique VF_AMP est fournie à la fonction FS12 pour être convertie.

Étude de FS12 « conversion analogique/numérique »

On procède à la conversion de la tension VF_AMP en une valeur numérique binaire. Pour cela, on utilise le convertisseur analogique-numérique intégré au microcontrôleur (page **CAN4**).

Le microcontrôleur a sélectionné l'entrée VF_AMP et la référence de tension interne de 2,56 V.

Le schéma fonctionnel de FS12 se résume alors à la représentation suivante :



On définit pour NTF l'utilisation d'une valeur numérique binaire sur n = 8 bits.

Q40. Compléter les deux dernières colonnes NTF (en décimal et en hexadécimal) du tableau réponse (page **CR4**).

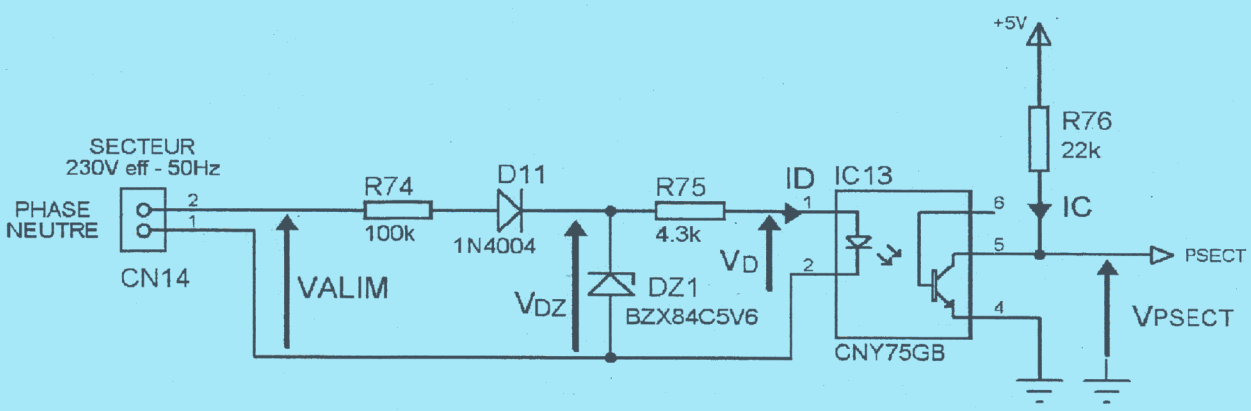
http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique

Partie H: étude de FP8 « surveillance de la présence du secteur »

Par cette étude vous allez valider le dispositif de sauvegarde des paramètres de réglage du poêle en cas de défaillance du secteur.

La fonction principale FP8 est représentée dans le schéma fonctionnel de 1er degré (page **A5** du document analyse fonctionnelle).

Schéma structurel de FP8 :



Un extrait de la documentation de l'optocoupleur CNY75GB est fourni (page **CAN2**).

En cas d'une coupure du secteur EDF, le microcontrôleur utilise le signal PSECT issu de FP8 pour déclencher la sauvegarde des paramètres de réglage en EEPROM avant la chute de l'alimentation VCC.

Q41. Rappeler la fonction principale d'un optocoupleur. Justifier l'utilisation de IC13 dans ce contexte.

Q42. Avec les signaux VALIM et V_{DZ} représentés sur le document réponse (page **CR5**), compléter les chronogrammes de VD et de VPSECT en précisant les amplitudes des signaux (page **CR5**).

Q43. Identifier la condition sur VALIM pour laquelle le transistor de l'optocoupleur IC13 sera traversé par un courant IC.

Dans cette condition de fonctionnement, on se propose de vérifier que l'optocoupleur IC13 travaille bien en régime saturé.

Q44. Donner l'expression puis calculer la valeur du courant ID traversant la résistance R75.

Q45. Donner l'expression puis calculer la valeur du courant IC traversant le transistor de l'optocoupleur IC13 (prendre les valeurs typiques).

Q46. Montrer que le transistor de l'optocoupleur IC13 est bien saturé (utiliser le coefficient de sursaturation k).

Le signal PSECT est exploité sur chaque front descendant par le microcontrôleur pour détecter la présence du secteur. L'absence d'un front descendant signale l'absence du secteur.

Q47. À l'étude des chronogrammes (page **CR5**), déterminer le temps maximal de détection de l'absence secteur par le microcontrôleur. On l'appellera Tdétect.

Q48. À l'aide des caractéristiques du microcontrôleur (page **CAN4**), calculer le temps (qu'on appellera Tparam) nécessaire à la sauvegarde en EEPROM des paramètres de réglage du poêle, soit dix octets.

Des mesures pratiques ont permis de constater que le temps de disparition de l'alimentation VCC du microcontrôleur après la disparition du secteur est au minimum de Talim_off = 300 ms.

Q49. Écrire la condition entre Tdétect, Tparam et Talim_off afin de valider le bon fonctionnement du dispositif de sauvegarde lors d'une coupure du secteur.

http://stielectronique.free.fr/STI
Le site de terminale STI electronique